

## VARIABILIDAD DE LOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN PORTUGAL DURANTE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

Paulo PEREIRA<sup>1</sup>, Liliane MORAIS<sup>2</sup>, Xavier ÚBEDA<sup>1</sup>, Joan-Albert LÓPEZ-BUSTINS<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>GRAM (Grup de Recerca Ambiental Mediterrània) Universitat de Barcelona.

<sup>2</sup>Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa

<sup>3</sup>Grup de Climatologia, Universitat de Barcelona

pereiraub@gmail.com

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar el número de días con precipitaciones extremas, superiores al noveno decil ( $D_9$ ), en Portugal durante el período 1951-1999 y dos subperíodos, 1951-1975 (A) y 1976-1999 (B), por meses, estaciones y anualmente. Para ello se emplean los datos de precipitación diaria de los observatorios de Barcelos, Beja, Bragança, Lisboa, Ponte de Lima y Porto. Se analizan sus tendencias, la forma de sus distribuciones – a través del sesgo – y su variabilidad – empleando la curtosis – identificando también posibles diferencias significativas entre los dos subperíodos. En general, se observa una disminución significativa del número de días con precipitación superior al  $D_9$ , principalmente, en marzo y junio. Por otro lado, se detectan tendencias positivas y significativas en julio, agosto y septiembre, particularmente en los observatorios del sur y centro de Portugal. El subperíodo B, en relación al A, presenta una mayor influencia de los años con más días de precipitación extrema y con una variabilidad más elevada en su distribución, sobre todo, en otoño que es la estación que muestra más tendencias positivas. Se observa una disminución de la influencia de los años con precipitación torrencial y una mayor homogeneidad en las distribuciones del subperíodo B en aquellos meses con una tendencia negativa. La comparación entre el número de días con precipitaciones extremas entre los dos subperíodos presenta solamente una disminución importante en marzo en todos los observatorios.

**Palabras clave:** Precipitaciones extremas, Portugal, Tendencias, Variabilidad,

### ABSTRACT

The aim of this work is to study the number of days with extreme precipitation, over the 9<sup>th</sup> decile ( $D_9$ ), in Portugal during the 1951-1999 period and the 1951-1975 (A) and 1976-1999 (B) subperiods monthly, seasonally and annually. We use the daily precipitation data of the following meteorological stations: Barcelos, Beja, Bragança, Lisboa, Ponte de Lima and Porto. We analyse the trends, the size distribution – applying the Skewness – and the variability – applying the Kurtosis –. We also check any significant difference between both subperiods. Overall, we detect a significant decrease of the number of rainy days above the  $D_9$ , mainly in March and June. On the other hand, we observe positive and significant trends in July, August and September in southern Portugal. The B subperiod, regarding A subperiod, presents a major influence of the years with a lot of extreme rainy days and a higher variability in its distribution, above all, in autumn which show more positive trends. A reduction of the

influence of the years with torrential precipitation and a major homogeneity takes place in the B subperiod distributions in those months with a negative trend. The comparison between the numbers of days with extreme precipitation in each subperiod only shows a statistic significant decrease in March in all the meteorological stations.

**Key words:** Extreme precipitation, Portugal, Trends, Variability

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los extremos climáticos es de máxima prioridad por los impactos que estos pueden generar en la sociedad y ecosistemas, asociados a elevados costes económicos y pérdidas de vidas humanas (MEEHL *et al.*, 2000; BENISTON y STEPHENSON, 2004). Las precipitaciones extremas son una de las principales causas de las elevadas pérdidas económicas y humanas en muchas partes del mundo (CHANGNON *et al.*, 2003; KUNDZEWICZ *et al.*, 2006). Por otro lado, KLEIN TANK y KÖNNEN (2003) identificaron una gran influencia de la precipitación torrencial en el incremento de la pluviometría total en los observatorios europeos entre 1946 y 1999. HUNDECHA y BARDOSSY (2005) observaron un incremento en el número de días con precipitación superior al noveno decil ( $D_9$ ) en todas las estaciones del año, exceptuando la estival, entre 1958 y 2001 en Europa Central. Según TRENBERTH *et al.* (2007), el cambio climático y sus impactos pueden ser entendidos a través del comportamiento de los extremos, los cuales se manifiestan con una elevada frecuencia en el ámbito mediterráneo. Según los estudios efectuados por SANCHEZ *et al.* (2004), el Mediterráneo será una de las áreas más vulnerables al cambio climático para finales del presente siglo. La precipitación superior al  $D_9$  aumentará en todas las estaciones a excepción del invierno, siendo la Península Ibérica el área del Mediterráneo donde se identifica una variabilidad espacial más acusada y un ligero descenso de la precipitación total. A pesar de esta disminución de la precipitación media anual, se ha verificado un aumento de la precipitación torrencial en algunas partes del Mediterráneo (BRUNETTI *et al.*, 2001; MAHERAS *et al.*, 2004), verificada a través del incremento del número de días con precipitación superior al  $D_9$  y de su contribución porcentual al total de precipitación (KOSTOPOULOU y JONES, 2005).

En el contexto de la Península Ibérica, algunos estudios han analizado las tendencias y la variabilidad de la precipitación a resolución mensual, estacional y anual (RODRIGUEZ-PUEBLA *et al.*, 1998; SERRANO *et al.*, 1999a, 1999b). Según SERRANO *et al.* (1999a), entre 1921 y 1995 no se detectaron tendencias significativas en términos generales a excepción del mes de marzo. Sin embargo, muy pocos se han centrado en la aplicación de índices de precipitación diaria. Solamente se han estudiado para alguna estación concreta (HAYLOCK y GOODESS, 2004) o a nivel estacional y anual (RODRIGO y TRIGO, 2007), habiendo una carencia importante en los estudios enfocados a resolución mensual. Así, es de gran importancia averiguar aquellos patrones de la evolución de las precipitaciones extremas a resolución mensual, los cuales pueden ser notablemente diferentes en su comportamiento espacial y temporal a aquellos a nivel estacional, justificando en parte la realización de este estudio. El objetivo de este trabajo es estudiar la dinámica del número de días con precipitación superior al  $D_9$  en algunas estaciones de Portugal – Barcelos, Beja, Bragança Lisboa, Ponte de Lima y Porto (figura 1 y tabla 1) – durante todos los meses del año, estaciones – diciembre, enero y febrero (DEF); marzo, abril y mayo (MAM); junio, julio y agosto (JJA); septiembre, octubre y noviembre (SON) – y anualmente durante el período 1951-1999. El presente trabajo

procura, en un primer apartado, identificar las tendencias de los días con precipitaciones superiores al  $D_9$ ; en un segundo, observar si hay diferencias en la forma de las distribuciones entre los dos subperíodos, 1951-1975 (A) y 1976-1999 (B), a través del sesgo (Skewness - SKEW-) y la curtosis (Kurtosis -KUR-); y por último, identificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre ellos, para todos los meses y estaciones, y anualmente.

## 2. DATOS Y MÉTODOS

Los datos empleados en este estudio proceden del proyecto *European Climate Assessment & Dataset* (ECA&D) y se hallan disponibles en <http://eca.knmi.nl/> (KLEIN TANK *et al.*, 2002; WIJNGARD *et al.*, 2003). Los criterios de homogenización de los datos están descritos en las referencias citadas. Los extremos de precipitación fueron identificados a partir del número de días de todos los meses, estaciones y años superiores al  $D_9$  – con relación a los calculados para los días húmedos (precipitación  $>1$  mm) del período de referencia 1961-1990 – durante el período 1951-1999. Se trata de un índice ya empleado en otros estudios de precipitación extrema (HAYLOCK y GOODESS, 2004). Una vez identificados el total de días con precipitaciones superiores al  $D_9$ , se ha empleado el test no paramétrico de Mann Kendall para hallar la significación de las tendencias (STEPANEK, 2006). Se han analizado los datos a partir de dos técnicas estadísticas descriptivas: el SKEW (sesgo) y la KUR (curtosis). Ambas son coeficientes que indican la forma de las distribuciones, la primera si está influenciada por los valores superiores o inferiores y la segunda su heterogeneidad. Este análisis fue elaborado con el propósito de averiguar el patrón de distribución de los valores en las series de los dos subperíodos distintos, A y B, e identificar posibles diferencias. Posteriormente, se realiza una relación entre el comportamiento del SKEW y la KUR, para observar si su dinámica está relacionada. Por otra parte, también se intenta comprobar la existencia de diferencias significativas entre el número de días superiores al  $D_9$  de ambos subperíodos. Para proceder a este análisis se ha empleado el test Shapiro-Wilk (SHAPIRO y WILK, 1965). Cuando las distribuciones cumplen los criterios de normalidad, se aplica el test *t-student*, y cuando son consideradas como no normales, se emplea el test no paramétrico de comparación de medianas *Wilcoxon match pairs test*.

## 3. RESULTADOS

Las tendencias observadas del número de días con precipitación superior al  $D_9$  son negativas y significativas en todos los observatorios en los meses de marzo y junio, y en casi en su totalidad en el mes de febrero y primavera – muy influenciada por el mes de marzo –. Se detectan disminuciones significativas en el mes de noviembre en el sur de Portugal, y en la costa norte en verano y anualmente. Sin embargo, algunos observatorios muestran tendencias positivas y significativas en algunos meses estivales – particularmente en la mitad sur de Portugal – (Tabla 2).

La disminución de la precipitación superior al  $D_9$  que se detecta en algunos puntos del litoral norte de Portugal en invierno, aunque no significativa, ya fue identificada en algunas estaciones de la Península Ibérica por HAYLOCK y GOODESS (2004) entre 1958 y 2000 por una contundente tendencia positiva de la oscilación del Atlántico Norte (NAO).

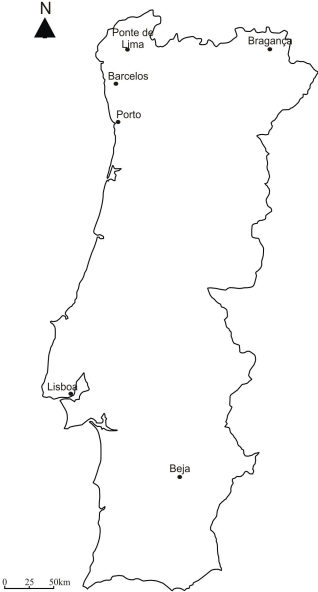


Figura 1: Localización de las estaciones en estudio

Estaciones	Altitud (m a.s.l)	Latitud	Longitud
Barcelos	25	41° 31' N	08° 37' W
Beja	246	38° 01' N	07° 52' W
Bragança	690	41° 48' N	06° 44' W
Lisboa	77	38° 43' N	09° 09' W
Ponte de Lima	15	41° 46' N	08° 35' W
Porto	93	41° 08' N	08 36' W

Tabla 1: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES EN ESTUDIO

De hecho, son varios los estudios que constatan una disminución de la precipitación invernal en varias zonas del Mediterráneo (DÜNKELOH y JACOBET, 2003; NORRANT y DOUGUEDROIT, 2006; LÓPEZ-BUSTINS *et al.*, 2008). Por otro lado, se intuye un aumento generalizado del número de días con precipitación extrema en otoño en Portugal, siendo coherente con los resultados hallados para el conjunto de la Península Ibérica por algunos estudios (TOMAS *et al.*, 2004; RODRIGO y TRIGO, 2007). FRAGOSO y TILDES GOMES (2008) observaron que los episodios de lluvia torrencial en el sur de Portugal ocurren en otoño porque están vinculados a unos patrones sinópticos concretos característicos de esta época del año.

RODRIGO y TRIGO (2007) identifican un descenso general de la intensidad de la precipitación diaria y de las precipitaciones extremas (>95 percentil) entre 1951 y 2002 en la Península Ibérica. Esto es consistente con este estudio para Portugal en términos anuales, aunque solamente en un observatorio se alcanza el nivel de significación (Ponte de Lima). Se ha observado una importante disminución de las precipitaciones extremas en los meses tardíos de invierno, sobre todo, en marzo. Este descenso en el mes de marzo también ha sido detectado por otros autores en el conjunto de la Península Ibérica (TRIGO y DACAMARA, 2001; PAREDES *et al.*, 2006; LÓPEZ-BUSTINS, 2006) cuya causa se atribuye a cambios en la circulación atmosférica a niveles bajos y medios que favorecen fases extremas positivas de la NAO.

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
----------	-------	---------	-------	-------	------	-------

Barcelos	+	-	-0.77	+	+	-0.11
Beja	+	-0.19	-0.71	+	+	-0.11
Bragança	+	-0.21	-0.81	+	+	-0.08
Lisboa	-	-	-0.85	+	+	-0.12
Ponte de Lima	-	-0.48	-1.38	+	+	-0.17
Porto	-	-	-0.94	+	+	-0.01
<b>Estación</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>
Barcelos	-0.04	0.00	+	+	+	-
Beja	0.07	0.06	-0.06	+	-0.04	+
Bragança	-0.06	0.11	+	+	+	+
Lisboa	0.06	0.02	0.10	+	-0.33	-
Ponte de Lima	0.13	-0.12	0.10	+	-	-
Porto	-0.02	-0.10	+	+	+	+
<b>Estación</b>	<b>DEF</b>	<b>MAM</b>	<b>JJA</b>	<b>SON</b>	<b>Anual</b>	
Barcelos	-	-0.61	-0.14	+	-	
Beja	+	-	-	+	-	
Bragança	+	-	-	+	+	
Lisboa	-	-0.52	-0.05	+	-	
Ponte de Lima	-	-1.24	-	+	-1.94	
Porto	+	-0.56	-	+	-	

Tabla 2: TENDENCIA DEL NÚMERO DE DÍAS SUPERIORES AL D<sub>9</sub> EN CADA ESTACIÓN PARA TODOS LOS PERÍODOS DE ANÁLISIS (Nº DE DÍAS/ DÉCADA). LAS CASILLAS DONDE APARECEN VALORES NUMÉRICOS INDICAN UNA TENDENCIA SIGNIFICATIVA AL 95% DEL NIVEL DE CONFIANZA.

La tabla 3, donde se evalúa el sesgo de las distribuciones, muestra una disminución generalizada de la influencia de los años con días de precipitación torrencial en las series del subperíodo A con relación al B en los meses invernales, primaverales (a excepción de abril) y otoñales (a excepción de octubre), y para el conjunto de las estaciones de invierno y verano. En cambio, se detectó un aumento en los meses de julio y octubre, y en las estaciones de primavera y otoño. Con relación a la curtosis (tabla 4), se identifica una disminución de la variabilidad similar a la detectada en la tabla 3. En cambio, hay un contundente incremento de la variabilidad a resolución estacional (a excepción de la primavera) y anualmente. Aunque hay algunas diferencias entre el período A y B en el SKEW y la KUR entre algunos meses, estaciones y anualmente en los puntos de estudio, se verifica una correlación positiva y altamente significativa entre ambos coeficientes, que significa que el aumento de la ocurrencia de días con precipitación extrema está relacionada con el incremento de la variabilidad (Figura 2). Esta situación es particularmente observable en los meses de julio y octubre, y en la estación otoñal (Tablas 3 y 4).

A pesar de que se identifican algunos cambios en la evolución de las precipitaciones extremas, al comparar los dos subperíodos, no existen diferencias significativas en la mayoría de meses y estaciones, ni anualmente (Tabla 5). La excepción se halla en el mes de marzo, donde la

Estación	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio							
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B						
Barcelos	0.43	0.62	-	1.16	1.40	-	-0.11	0.92	-	0.94	1.71	-	0.59	0.68	-	1.06	0.76	+
Baja	1.26	1.97	-	0.21	0.41	-	0.57	0.83	-	1.04	0.46	+	0.99	0.93	-	0.93	1.26	-
Bragança	0.66	1.53	-	1.18	1.36	-	0.38	1.20	-	1.65	1.27	+	1.17	0.50	+	0.99	1.13	-
Lisboa	0.43	2.04	-	0.68	0.57	+	-0.06	0.73	-	1.28	0.77	+	0.75	1.43	-	1.07	1.72	-
Ponte de Lima	-0.03	0.31	-	0.89	1.32	-	-0.17	0.35	-	1.05	1.63	-	0.83	0.35	+	0.65	0.60	-
Porto	0.26	0.58	-	0.74	1.52	-	-0.35	0.16	-	0.82	1.08	-	0.33	0.59	-	0.84	1.15	-
Estación	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre							
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B						
Barcelos	1.05	0.93	+	0.83	0.93	-	0.93	0.70	+	2.29	1.21	+	0.65	1.03	-	0.55	0.90	-
Baja	3.88	1.35	+	2.20	2.72	-	0.78	1.09	-	1.51	0.58	+	0.09	0.90	-	2.34	0.98	+
Bragança	2.70	1.53	+	1.53	1.64	+	0.55	0.60	-	1.42	0.67	+	0.26	1.16	-	0.70	1.03	-
Lisboa	3.30	2.06	+	3.07	3.03	+	0.91	1.12	-	1.83	0.73	+	0.51	0.73	-	1.75	1.05	-
Ponte de Lima	2.12	1.25	+	1.62	0.59	+	1.01	1.00	-	1.87	0.99	+	1.14	1.41	-	1.15	1.09	+
Porto	1.80	2.40	-	0.65	0.65	=	0.52	0.23	+	1.74	0.89	+	0.79	0.95	-	0.40	1.12	-
Estación	DEF		MAM		JJA		SON		Anual									
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B						
Barcelos	-0.02	1.19	-	0.34	0.42	-	0.35	0.43	-	1.45	-0.15	+	0.41	0.60	-			
Baja	1.85	1.14	+	0.70	-0.08	+	1.14	1.41	-	0.73	0.58	+	0.86	1.01	-			
Bragança	1.00	0.66	+	0.51	-0.44	+	2.58	1.47	+	0.59	0.90	-	0.24	-0.60	+			
Lisboa	1.29	0.84	-	0.25	-0.14	+	0.96	1.45	-	0.51	0.35	+	0.50	0.11	+			
Ponte de Lima	0.08	0.54	-	0.21	-0.27	+	0.42	0.17	+	1.59	0.15	+	0.38	-0.41	+			
Porto	0.17	0.92	-	-0.12	0.48	-	0.89	1.06	-	1.33	0.37	+	0.03	0.72	-			

Tabla 1: COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE SKEW ENTRE LOS DOS SUBPERÍODOS DE ESTUDIO (A: 1951-1975 Y B: 1976-1999), PARA TODOS LOS MESES Y ESTACIONES, Y ANUALMENTE.

(+) Aumento de la influencia de los valores más elevados que el promedio de B con relación a A.  
 (-) Disminución de la influencia de los valores más elevados que el promedio de B con relación a A.

(=) Sin variación.

Estación	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio							
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B						
Barcelos	0.05	0.68	-	1.09	1.98	-	-1.16	0.06	-	0.35	3.52	-	-0.60	-0.21	-	0.74	-0.72	+
Beja	1.44	5.67	-	-1.14	-1.03	-	-0.82	-0.19	-	1.05	-0.47	+	0.28	0.06	+	1.44	1.37	-
Bragança	-0.04	3.15	-	1.45	0.94	+	-0.54	1.05	-	3.55	2.73	+	1.90	-0.58	+	0.08	1.67	-
Lisboa	-0.72	4.95	-	-0.48	-1.01	+	-0.98	0.02	-	1.21	0.53	+	-1.01	2.15	-	0.36	2.61	-
Ponte de Lima	-0.61	-0.72	+	0.25	1.26	-	-1.23	-1.09	-	0.31	2.73	-	0.17	-0.92	+	-0.41	0.03	-
Porto	-1.01	0.30	-	-0.06	2.21	-	-0.91	-1.47	+	-0.29	1.09	-	-1.06	0.03	+	-0.56	0.37	-
Estación	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre							
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B						
Barcelos	0.28	-0.01	+	0.03	0.18	-	-0.38	0.80	-	7.30	0.74	+	0.12	0.83	-	-0.49	0.77	-
Beja	15.34	0.81	+	4.46	7.73	-	-0.60	0.77	-	1.86	-0.06	+	-1.00	-0.01	-	6.80	0.43	+
Bragança	9.30	2.80	+	2.16	5.39	-	-0.80	-0.47	-	1.80	-0.28	+	-0.84	0.87	-	-0.60	-0.01	-
Lisboa	9.64	3.24	+	10.73	9.71	+	-0.21	0.11	-	4.39	-0.87	+	-0.77	0.70	-	3.22	0.68	+
Ponte de Lima	4.47	1.29	+	3.28	-0.99	+	1.04	-0.27	+	3.85	0.26	+	1.49	1.63	-	1.66	1.13	+
Porto	2.42	7.41	-	-0.90	-0.48	-	-0.19	-0.95	+	4.32	0.66	+	0.08	0.28	-	-0.22	1.66	-
Estación	DEF		MAM		JJA		SON		Anual									
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B						
Barcelos	-0.89	3.69	-	-0.09	0.06	-	-0.52	-0.90	+	4.00	-1.25	+	-0.85	0.17	-			
Beja	4.34	0.93	+	-0.12	-0.92	+	0.98	1.09	-	0.73	0.58	+	1.62	-0.24	+			
Bragança	0.66	-0.56	+	0.48	0.20	+	8.52	3.42	+	0.02	0.51	-	-0.60	-0.96	+			
Lisboa	1.75	0.54	+	-0.93	-1.03	+	0.16	-0.94	+	0.45	1.08	-	0.97	-0.51	+			
Ponte de Lima	-1.14	0.69	-	-0.60	0.37	-	-0.89	-0.25	-	3.60	-0.70	+	0.44	-0.74	+			
Porto	0.46	0.27	+	0.51	0.97	-	1.26	0.89	+	2.31	-0.85	+	-0.18	0.49	-			

Tabla 1: ÍDEM QUE LA TABLA 3, PERO PARA LA KUR.

(+) Aumento de la heterogeneidad de la distribución de B con relación a A.

(-) Disminución de la heterogeneidad de la distribución de B con relación a A.

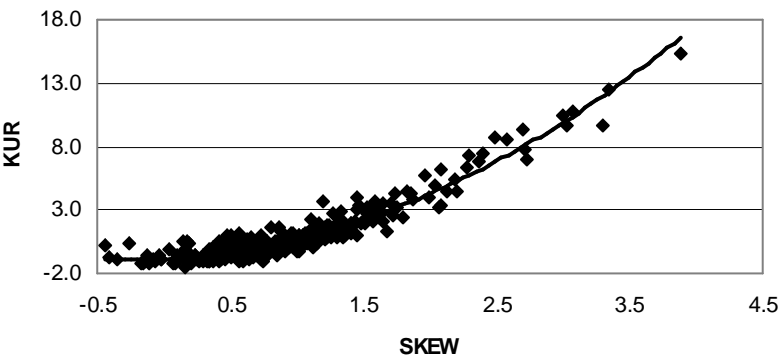


Figura 2: Relación entre los coeficientes SKEW y KUR de todas las series y períodos analizados.

	Barcelos	Beja	Bragança	Lisboa	Ponte de Lima	Porto
	A vs B	A vs B	A vs B	A vs B	A vs B	A vs B
Enero	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>
Febrero	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>
Marzo	<b>0.05<sup>1</sup></b>	<b>0.01<sup>2</sup></b>	<b>0.01<sup>2</sup></b>	<b>0.01<sup>1</sup></b>	<b>0.01<sup>1</sup></b>	<b>0.01<sup>1</sup></b>
Abril	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>
Mayo	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>
Junio	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>
Julio	N.S <sup>2</sup>	<b>0.05<sup>2</sup></b>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>
Agosto	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>
Septiembre	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>
Octubre	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>
Noviembre	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>
Diciembre	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>2</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>
DEF	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>
MAM	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	<b>0.05<sup>1</sup></b>	<b>0.01<sup>1</sup></b>	N.S <sup>1</sup>
JJA	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>
SON	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>
Anual	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>	N.S <sup>1</sup>

r = 0,91  
p-valor  
<0,01

Tabla 3: COMPARACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE DÍAS SUPERIORES AL D<sub>9</sub>, ENTRE DOS SUBPERÍODOS (A: 1951-1975, B: 1976-1999) PARA TODOS LOS MESES Y ESTACIONES, Y ANUALMENTE. (N.S.-Diferencia no significativa, <sup>1</sup>test *t*-student <sup>2</sup> Wilcoxon match pairs test)



disminución del número de días entre los dos subperíodos analizados en todos los observatorios es significativa. Una disminución estadísticamente significativa en los días de precipitación extrema también es detectada en Lisboa y Ponte de Lima en el conjunto de la primavera, como consecuencia de la notable reducción del número de días con precipitación extrema en el mes de marzo.

#### 4. CONCLUSIONES

Se observa una reducción de las precipitaciones superiores al D<sub>9</sub> en Portugal. El patrón de la evolución de esta disminución es distinto a resolución mensual y estacional. Los meses de marzo y junio es cuando se detecta una mayor reducción. Por otro lado, también se detectan aumentos significativos en algunos meses estivales por una mayor frecuencia de borrascas estivales a principios de verano sobre la mitad sur de Portugal (RODRIGO y TRIGO, 2007). Al analizar el comportamiento del SKEW y la KUR entre los dos subperíodos, se verifica que el aumento de la variabilidad es consecuencia del incremento de la influencia del número de años donde han ocurrido más precipitaciones extremas dentro de la distribución. Esta situación es particularmente importante en otoño, cuando se detecta una tendencia positiva de las precipitaciones superiores al D<sub>9</sub>. Lo contrario sucede con las tendencias negativas, las cuales están acompañadas por una disminución de la frecuencia de años con días de precipitación torrencial, teniendo lugar una mayor homogeneidad de las distribuciones. Esto se puede comprobar claramente en los meses de febrero, marzo y junio. Sin embargo, se detectan algunas contrariedades de esta relación en el análisis estacional (primavera y verano) y anualmente.

Comparando los dos subperíodos, una disminución significativa solamente es observable en marzo en todas las estaciones, y en primavera en Lisboa y Ponte de Lima. Mientras la precipitación extrema anual presenta una disminución, se detectan comportamientos diferentes en el análisis estacional y mensual.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

El autor Joan Albert López-Bustins agradece la colaboración del proyecto IPIBEX (CGL2005-07664-C02-01, 2006-2008) del Ministerio de Educación i Ciència en la realización de este trabajo.

#### 6. REFERENCIAS

- BENISTON, M.; STEPHENSON, D.B. (2004) Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions, *Global and Planetary Change*, 44, 1-9
- BRUNETTI, M.; COLACINO, M.; MAUGERI, M. y NANNI, T. (2001) Trends in the daily intensity precipitation in Italy, from 1951-1996, *Int. Journal of Climatology*, 21, pp. 229-316
- CHANGNON, S.A. (2003) Shifting economic impacts from weather extremes in the United States: A result of societal changes, not global warming, *Natural Hazards*, 29, 273-290
- DÜNKELOH, A. y JACOBET, J. (2003) Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948-98, *Int. Journal of Climatology*, 23, pp. 1843-1866

- FRAGOSO, M. y TILDES GOMES, P. (2008) Classification of daily abundant rainfall patterns and associated large-scale atmospheric circulation types in Southern Portugal, *Int. Journal of Climatology*, 28, pp. 537-544.
- HAYLOCK, M.R. y GOODESS, C.M. (2004) Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with mean large-scale circulation, *Int. Journal of Climatology*, 24, pp. 759-776
- HUNDECHA, Y. y BÁRDOSSY, A. (2005) Trends in daily precipitation and temperature extremes across western Germany in the second half of the 20<sup>th</sup> century, *Int. Journal of Climatology*, 25, 1189-1202
- KLEIN TANK, A. M. G., ET AL. (2002) Daily dataset of 20th century surface air temperature and precipitation series for the European climate assessment, *Int. Journal Climatology*, 22, pp. 1441-1453.
- KLEIN TANK, A.M.G. y KÖNNEN, G.P. (2003) Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99, *Journal of Climate*, 16, pp. 3665-3680.
- KOSTOPOULOU, E. y JONES, P.D. (2005) Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean, *Meteorol Atmos Phys*, 89, pp. 69-85
- KUNDZEWICZ, Z.W.; RADZIEJEWSKI, M. y PINSKWAR, I. (2006) Precipitation extremes in the changing climate of Europe, *Climate Research*, 31, 51-58
- LÓPEZ-BUSTINS, J.A. (2006) Temperatura de la estratosfera polar y precipitación de la Península Ibérica en Marzo (1958-2000), En: CUADRAT PRATS, J.M.; SAZ SÁNCHEZ, M.A.; VICENTE SERRANO, S.M.; LANJERI, S.; DE LUIS ARRILLAGA, M. y GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C. (Eds.) *Clima sociedad y medio ambiente*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC) Serie A, n°5, pp. 175-188
- LOPEZ-BUSTINS, J.A.; MARTIN-VIDE, J. y SANCHEZ-LORENZO, A. (2008) Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns, *Global Planet. Change*, doi:10.1016/j.gloplacha.2007.09.002
- MAHERAS, P.; TOLIKA, K.; ANAGNOSTOPOULOU, C.; VAFIADIS, M.; PATRIKAS, I. y FLOCAS, H. (2004) On the relationships between circulation types and changes in rainfall variability in Greece, *Int. Journal of Climatology*, 24(13), pp. 1695-1712
- MEEHL, G.A.; ET AL. (2000) An introduction to trends in extreme weather and climate events: Observations, terrestrial ecological impacts, and model projections, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 81(3), 413-416.
- NORRANT, C. y DOUGUÉDROIT, A. (2006) Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950-2000). *Theoretical and Applied Climatology* 83, 89-106.
- PAREDES, D.; TRIGO, R.M.; GARCIA-HERRERA, R. y TRIGO, I.F. (2006) Understanding precipitation changes in Iberia in early spring: weather type and storm -tracking approaches, *Journal of Hydrometeorology*, 7, 101-103
- RODRIGO, F.S. y TRIGO, R.M. (2007) Trends in daily rainfall in Iberian Peninsula from 1951 to 2002, *Int. Journal of Climatology*, 27, pp. 513-529
- RODRIGUEZ-PUEBLA, C.; ENCINAS, A.H.; NIETO, S. y GARMEDIA, J. (1998) Spatial and temporal patterns of Annual precipitation variability over Iberian Peninsula, *Int. Journal of Climatology*, 18, 299-216
- SANCHEZ, E.; GALLARDO, C.; GAERTNER, M.A.; ARRIBAS, A. y CASTRO, M. (2004) Future climate extreme events in the Mediterranean simulated by a regional climate model: a first approach, *Global and Planetary Change*, 163-180

- SERRANO, A.; GARCIA, J.A.; MATEOS, V.L.; CANCELLO, M.L. y GARRIDO, J. (1999b) Monthly modes of variation of precipitation over the Iberian Peninsula, *Journal of Climate*, 12, 2894-2919
- SERRANO, A.; MATEOS, V.L. y GARCIA, J.A. (1999a) Trend analysis of monthly precipitation over Iberian Peninsula for the period 1921-1995, *Phys. Chem. Earth(B)*, 24(1-2), 85-90.
- SHAPIRO, S. y WILK, M. (1965) An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52, pp. 591-611.
- STEPANEK, P. (2006) AnClim - software for time series analysis (for Windows). Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, Masaryk University, Brno. 1.47 MB.
- TOMÁS, C.; DE PABLO, F. y SORIANO, L.R. (2004) Circulation weather types and cloud-to-ground flash density over Iberian Peninsula, *Int. Journal of Climatology*, 24, pp. 109-123.
- TRENBERTH, K.E.; ET AL. (2007) Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- TRIGO, R.M. y DACAMARA, C.C. (2000) Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal, *Int. Journal of Climatology*, 20, 1559-1581.
- WIJNGAARD, J.B.; KLEIN TANK, A.M.G. y KOENNEN, G.P. (2003) Homogeneity of 20<sup>th</sup> century European daily temperature and precipitation, *Int. Journal of Climatology*, 23, 679-692.